

Didaktik der Physik Frühjahrstagung – Würzburg 2018

Ein Testinstrument zur Analyse von Schülervorstellungen über Energie

Julia Behle*, Thomas Wilhelm*

*Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt, Max-von-Laue-Str.1, 60438 Frankfurt

behle@em.uni-frankfurt.de, wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Schülervorstellungen zur Energie haben sich sowohl im Bereich der Assoziationen als auch in den darunter liegenden Rahmenkonzepten innerhalb der letzten 30 Jahre gewandelt. Dies zeigen Vergleiche zwischen Untersuchungen der Sichtstruktur in den Assoziationen (vgl. z.B. Duit [1] und Crossley & Starauscheck [2]) sowie der Tiefenstruktur, d.h. den Rahmenkonzepten (vgl. Watts [3] und Behle & Wilhelm [4]). So hat sich beispielsweise die vorher vorherrschende Primärassoziation von Energie als einer Art Treibstoff zu einer Assoziation mit elektrischem Strom gewandelt. Ebenso zeigten in Interviews befragte Schülerinnen und Schüler eine kontextabhängige Koexistenz mehrerer Rahmenkonzepte [4], so dass dies bei deren qualitativer und quantitativer Untersuchung grundsätzlich berücksichtigt werden muss. Im Rahmen einer geplanten Untersuchung zur möglichen Veränderung von Schülerrahmenkonzepten durch eine außerschulische Lerngelegenheit [5] wurde nun ein Testinstrument zur Analyse von Rahmenkonzepten zur Energie entwickelt, das diese Rahmenbedingungen berücksichtigt. Die Items der Fragebögen wurden mit Hilfe von Aussagen vorher durchgeführter Schülerinterviews erstellt und werden dann mit Hilfe einer qualitativen Schülerbefragung inhaltlich validiert. Dazu wurden die Schülerinnen und Schüler während der Bearbeitung des Fragebogens mit der Methode des Lauten Denkens befragt und ihre Antworten und Erläuterungen mit Hilfe eines zuvor entwickelten Kodiermanuals ausgewertet.

1. Motivation

Beim ersten Umgang mit einem Lerngegenstand sind Schülervorstellungen eine relevante, eigene Bewertungsgrundlage für Schülerinnen und Schülern, mit der sie sich ihr weiteres Wissen konstruieren. Dies gilt auch für das für den gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht zentrale Basiskonzept „Energie“ und in der Schule insbesondere im Anfangsunterricht. Auch bei einer außerschulischen Lerngelegenheit kann es häufig zum Erstkontakt mit bestimmten Lerngegenständen kommen, zumal dort seltener in formellem Rahmen gelernt wird. Dies ist zum Beispiel bei vielen Schülerinnen und Schülern der Fall, die an dem Workshop „Neue Technologien“, der im Rahmen des berufsorientierenden Projekts „MINT – die Stars von Morgen“ in Science Centern in ganz Hessen durchgeführt wird, verschiedene Aspekte der Energietechnik regenerativer Energiequellen kennenlernen [5]. Aufgrund des alten hessischen Lehrplans für Haupt- und Realschulen kommen viele der Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Rahmen des Workshops zum ersten Mal mit dem Themenkomplex „elektrische Energie“ außerhalb ihrer Alltagserfahrungen in Kontakt. Ziel des Workshops ist es daher unter anderem, ein physikalisch anschlussfähiges Energiekonzept anzuregen. In diesem Rahmen erscheint es sinnvoll, die aktuellen, vorhandenen Rahmenkonzepte von Schülerinnen und Schülern vor Besuch des Workshops durch einen Prätest zu erheben und diese mit einem

Posttest nach dem Workshopbesuch zu vergleichen, um die Frage zu klären, ob sich Schülervorstellungen durch eine außerschulische Lerngelegenheit positiv, also in Richtung physikalisch anschlussfähigerer Rahmenkonzepte, beeinflussen lassen.

Da Replikationsstudien aus den Jahren 2001 [6] und 2009 [2] zum Assoziationstest von Duit [1] ergaben, dass sich die Assoziationen von Schülerinnen und Schülern von den klassischen Treibstoffen weg hin zu einer stärkeren Assoziation mit elektrischem Strom gewandelt hatten, lag die Vermutung nahe, dass sich ebenso Veränderungen in der Tiefenstruktur der Schülervorstellungen, den Rahmenkonzepten, zeigen könnten. Eine weitere Replikationsstudie aus dem Jahr 2017 [4] zeigte eine Verstärkung dieses Trends und ebenso das häufigere Auftreten von Begriffen aus den Themenbereichen „Erneuerbare Energie“ und „Energiespeicherung“.

Ebenso deutet sich aufgrund anderer Untersuchungen von Rahmenkonzepten [7+8+9] und der Beschreibung des Phänomens des fragmentierten Wissens („Knowledge in pieces“) [10], das auch mit den Phänomenen Kompartimentalisierung [11] oder Erklärungsvielfalt [12] verwandt ist, an, dass Schülerinnen und Schüler kontextabhängig unterschiedliche Rahmenkonzepte verwenden könnten.

Diesen neueren Erkenntnissen soll bei der Entwicklung des Testinstruments zur Ermittlung von Schülervorstellungen über Energie Rechnung getragen

werden. Da sich in einer neueren Interviewstudie gezeigt hat, dass sich die Rahmenkonzepte von Schülerinnen und Schülern durchaus gewandelt haben könnten [4], liegt es nahe, die Items, die auch für Schülerinnen und Schüler ohne unterrichtliches Vorwissen geeignet sein sollen, auf Basis von Schüleraussagen zu entwickeln und durch Schülerinterviews zu validieren.

2. Voruntersuchungen

Zur Ermittlung des aktuellen Stands der Schülervorstellungen zur Energie wurden zunächst zwei Vorstudien durchgeführt. Zum einen fand eine Replikationsstudie des Assoziationstest zum Begriff Energie zu Duit [1] und zu Crossley & Starascheck [2] statt, zum anderen wurde eine qualitative Interviewstudie zur Ermittlung der aktuellen Rahmenkonzepte zum Energiebegriff durchgeführt [4] und diese mit den originalen Rahmenkonzepten von Watts [3] verglichen. Diese Interviewstudie diente ebenso dem Zweck, Schüleraussagen zu verschiedenen Kontexten im Themenbereich Energie zu generieren, um diese bei der Entwicklung von Items für das Testinstrument nutzen zu können (vgl. Abb. 1 für den Verlauf der Studie).

2.1 Assoziationen

Die spontan geäußerten Assoziationen von Schülerinnen und Schülern gewähren einen guten Einblick in die Kontexte, in denen ein bestimmtes physikalisches Konzept in den Alltagsvorstellungen verankert ist. Gleichsam lassen sich erste Rückschlüsse auf die Natur der darunterliegenden Rahmenkonzepte zu, weswegen Assoziationsstudien oft einen ersten Schritt in der Schülervorstellungsforschung darstellen. Der Assoziationstest der Vorstudie basierte hier auf analogen, leicht reduzierten Fragen zur Assoziationsstudie von Duit [1]. Dabei wurden die Teilnehmenden nach spontan assoziierten Begriffen gefragt und ebenso um Beispiele und Beschreibungen gebeten. Die Stichprobe ($n = 82$) lag dabei leicht unter den beiden anderen Assoziationsstudien. Es wurden dabei Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 9 aus hessischen Haupt- und Realschulen befragt, die bei dem außerschulischen Projekt „MINT – die Stars von Morgen“ teilgenommen haben.

Es zeigte sich dabei, dass sich der Trend weg von der Assoziation mit Treibstoffen fortsetzt, da diese lediglich von einem einzigen Teilnehmenden genannt wurde, was ein signifikant niedrigeres Niveau als bei Duit ist. Stattdessen liegt die Nennung des Begriffs „elektrischer Strom“ mit 71 % signifikant über der Nennungshäufigkeit bei Duit und setzt so

den Trend fort, der schon 2009 von Crossley und Starascheck gefunden wurde. Neu ist hingegen das verstärkte Auftreten von Assoziationen mit den Kontexten „Regenerative Energiequellen“ (insgesamt 19 %) und „Energiespeicherung“ (7 %). Vergleicht man die medial-politischen Rahmenbedingungen von 1985 (Stichwort Ölkrise) mit denen von 2015/16 (Stichwort Energiewende), so bietet sich der Schluss an, dass sich der Einfluss dieser Rahmenbedingungen auch in den vorhandenen Schülerassoziationen widerspiegelt. Eine Auswahl der jeweils acht häufigsten Nennungen mit relativer Häufigkeit findet sich in Tab. 1.

2.2 Rahmenkonzepte

Die Analyse der Tiefenstruktur der Schülervorstellungen wurde in erster Linie durch qualitative Interviewstudien durchgeführt, die im Ergebnis verschiedene Rahmenkonzepte der Schülerinnen und Schüler zur Energie (engl. „Energy Frameworks“) vorstellten. Diese „Frameworks“ fassen häufig verwendete Argumentations-, Erklärungs- und Gedankenmuster von Schülerinnen und Schülern zu übergeordneten Rahmenkonzepten zusammen, die durch verbindende Aspekte definiert werden. Je nach Alter und Untersuchungsrahmen können die Definitionen der Frameworks sehr alltagsnah oder auch stärker curricular orientiert ausfallen [13]. Ebenso können, je nach Untersuchungsrahmen, gesellschaftlich orientierte Aspekte wie Umweltwissen oder gesellschaftliche Implikationen [9] eine Rolle spielen. Da der Untersuchungsrahmen der Studie ein außerschulischer, informeller Lernort mit vielen Teilnehmenden ohne unterrichtliche Vorkenntnisse ist, wurden als Basis für die Studie die sieben Energy Frameworks von Watts [3] herangezogen, die sich auf rein physikalisch-fachliche Aspekte, losgelöst von etwaigen Curricula und Lernfortschritten, fokussieren.

Aus den zentralen Aspekten der Energy Frameworks von Watts wurde deduktiv im Rahmen einer zweiten Vorstudie durchgeführten leitfadengestützten Interviewstudie über 15 Interviews [4] ein Kodiermanual mit sieben Kategorien entwickelt. Dieses wurde dann induktiv um zwei weitere Kategorien mit korrespondierenden Rahmenkonzepten erweitert, so dass letztlich neun Rahmenkonzepte definiert werden konnten:

- *Anthropozentrische Energie*: Energie ist eine Art Lebensenergie, die Lebewesen besitzen. Hierunter fällt auch das gefühlte „Energie haben“.
- *Funktionale Energie*: Energie tritt nicht auf natürlichem Weg auf, sie ist von Menschen für



Abb. 1: Design der Studie

Menschen gemacht und für ein modernes Leben unabdingbar.

- *Produzierte Energie*: Energie ist ein Nebenprodukt von Vorgängen, sie wird zusätzlich zum eigentlichen Prozess emittiert, es kann zu einer Zusatzenergie kommen.
- *Energie als Aktivität*: Energie ist nur in Vorgängen vorhanden, diese Aktivitäten werden Energie gleichgesetzt.
- *Energie als Zutat*: Energie ist ein inerter Inhaltsstoff von Dingen, sie lässt sich nur durch Trigger (z.B. essen) aus den Dingen auslösen und nutzbar machen.
- *Gelagerte Energie*: Energie ist in Dingen vorhanden bzw. gespeichert. Sie kann in verschiedenen Formen auftreten und lässt sich verbrauchen, um etwas zu bewirken.
- *Transferierte Energie*: Energie kann unterschiedliche Erscheinungsformen haben, die jedoch gleichwertig und ineinander umwandelbar sind. Sie lässt sich von System zu System transferieren.
- *Energie als Katalysator/Antrieb (neu)*: Mit Energie lassen sich Vorgänge antreiben oder initiieren. Sie ist dabei trägerlos, kann aber eine Form besitzen (z.B. Feuer).
- *Partiell transferierte Energie (neu)*: Energie kann in verschiedenen Formen auftreten. Diese müssen nicht gleichwertig sein und lassen sich lokal ineinander umwandeln, die Umwandlungsketten können aber unterbrochen werden.

Zu erwähnen sei in diesem Zusammenhang, dass zwei der Rahmenkonzepte aus der Arbeit von Watts, nämlich Energie als Aktivität und Energie als Zutat, nur noch schwerlich abbildbar waren und sich lediglich durch zwei, beziehungsweise drei Aussagen in den 15 Interviews repräsentiert fanden. Ebenso zeigte sich in dieser Studie die aus der Literatur zu erwartende Erklärungsvielfalt oder Fragmentierung der verwendeten Rahmenkonzepte je nach Kontext. So verwendeten 13 von 15 Teilnehmenden kontext-

abhängig Erklärungsmuster, die mindestens zwei verschiedenen Rahmenkonzepten zuzuweisen waren.

3. Methodisches Vorgehen

3.1 Zielsetzung und Forschungsfragen

Ziel der Studie ist es, die aktuell vorhandenen Schülerrahmenkonzepte auch quantitativ analysieren zu können und ebenso mögliche Aussagen über den Einfluss eines außerschulischen Workshops zum Thema Energie auf die vorhandenen Rahmenkonzepte treffen zu können. Es gilt daher, folgende Forschungsfragen zu beantworten:

- *F1: Welche Schülervorstellungen oder Rahmenkonzepte haben Schülerinnen und Schüler heute?*
- *F2: Wie verändern sich diese Vorstellungen und Konzepte durch den Besuch eines außerschulischen Workshops zur Energie?*

Dabei gilt es ein Testinstrument zu entwickeln, das nicht nur das Vorhandensein von verschiedenen Rahmenkonzepten quantitativ ermitteln können soll, sondern gleichzeitig explizit die Möglichkeit zur Koexistenz verschiedener Rahmenkonzepte berücksichtigt und für Schülerinnen und Schüler ohne unterrichtliche Vorerfahrung geeignet sein soll.

3.2 Rahmenbedingungen

Aufgrund der Zielsetzung der Studie ergibt sich ein Untersuchungsrahmen im Prä-Post-Design, weswegen zwei Testhefte A und B entwickelt wurden, die in beliebiger Reihenfolge verwendet werden können sollen. Dies bietet sich an, um Effekte der Testwiederholung zu vermeiden, da aufgrund des zeitlichen Rahmens des Projekts die Testzeitpunkte recht nah beieinander liegen. Da es zu erwarten ist, dass die verwendeten Rahmenkonzepte seitens der Schülerinnen und Schüler stark kontextabhängig sein werden, war zudem zu berücksichtigen, dass beide Testhefte inhaltlich und kontextuell äquivalent sein sollten, ohne dabei völlig identisch zu sein. Gleichsam wurde der Tatsache Rechnung getragen werden, dass die Testpersonen aller Voraussicht nach keine bis

Klassenstufe 6, Gymnasium (Duit, 1985) (n = 147)		Klassenstufe 9, Gymnasium (Crossley, 2008) (n = 126)		Klassenstufe 9, Hauptschule (Crossley, 2008) (n = 111)		Vergleichsgruppe Workshop RS/HS 8/9 2015/16 (n = 82)	
Elektrischer Strom	44%	Elektrischer Strom	52%	Elektrischer Strom	68%	Elektrischer Strom	71%
Öl	18%	Mechanische Energie	32%	Kraft	36%	Licht	13%
Energie sparen	14%	Wärmeenergie	29%	Sonne	26%	Bewegung	13%
Licht	14%	Wärme	23%	Wärme	26%	Solar(energie), Sonnenenergie	10%
Kraft	12%	Kraft	21%	Wasser	24%	Kraft	9%
Sonne	12%	Elektrische Energie	21%	Sport	16%	Erneuerbare Energie	9%
Benzin	10%	Chemische Energie	20%	Licht	8%	Sonne	9%
Wasser	10%	Licht	14%	Atomenergie	6%	Akku/Batterie	7%

Tab. 1: Übersicht über die acht häufigsten Assoziationen bei Duit [1] und Crossley [3] im Vergleich zur Workshopgruppe

eher wenig Vorerfahrung aus dem Unterricht mitbringen werden, weswegen die Kontexte an Alltagssituationen (z.B. Aufladen eines Handyakkus oder Fahren eines Fahrrads mit eingeschaltetem Dynamo) orientiert wurden.

3.3 Struktur der Testhefte

Beide Testhefte bestehen aus einer allgemeinen, quasi kontextfreien Einleitung und einem kontextualisierten Hauptteil. Dabei besteht die Einleitung aus allgemeinen Aussagen und Definitionen zum Begriff Energie, die Schülerinnen und Schüler zustimmend, ablehnend oder neutral bewerten können. Der Hauptteil besteht aus elf Items, die aus einem Gesamtitempool von 19 Items stammen. Diese Items bestehen aus je einer Beschreibung eines konkreten Kontextes, sowie verschiedenen Aussagen, die jeweils mit „richtig“ oder „falsch“ bewertet werden sollen. Die Zuordnung der Zustimmung oder Ablehnung einer Testperson zu entsprechenden Rahmenkonzepten erfolgt schließlich hauptsächlich über Kombinationen von Aussagen und seltener über Einzelaussagen.

3.4 Entwicklung von Items

Die Grundlage für die Entwicklung der Items in den Testheften stellten in erster Linie die Aussagen der Schülerinnen und Schüler aus der zuvor durchgeführten Interviewstudie dar. Diese wurden bei Bedarf durch zentrale Aussagen der neun Rahmenkonzepte ergänzt. Dies stellte sich vor allem bei den beiden in der Interviewstudie kaum noch abbildbaren Rahmenkonzepten „Energie als Aktivität“ und Energie als Zutat“ als notwendig heraus.

Beispielhaft für die Entwicklung von Aussagen aus der Einleitung seien hier ein Ausschnitt aus einem Schülerinterview (M, 12 J., 6. Kl. Gym.) und die daraus entwickelten Items dargestellt:

S: „Energie kann auf jeden Fall nicht vernichtet werden und neu erschaffen werden und, ähm, es wandelt nur seine Form.“

Daraus entstanden zwei Items:

- Energie kann man **nicht** vernichten oder ver-

brauchen.

- Energie lässt sich umwandeln, sie kann ihre Form verändern.

Abb. 2 zeigt exemplarisch das Item „Ventilator“ mit dem Kontext eines solarbetriebenen Ventilators. In diesem Beispiel führt eine Kombination der Aussagen 3 und 7 direkt zum Rahmenkonzept der transferierten Energie, da hier ein kompletter Energietransfer mit Energieumwandlung angedeutet wird. Eine zusätzliche Zustimmung zu den Aussagen 1 und 5 oder beiden schränkt die Zuordnung des Rahmenkonzepts „transferierte Energie“ nicht ein, da die Aussagen diesem Konzept nicht widersprechen. Wird im Vergleich dazu beispielsweise Aussage 3 mit den Aussagen 5 und 6 kombiniert, resultiert dies wiederum in einer Zuweisung des Rahmenkonzepts „partiell transferierte Energie“, da hier zwar ein Energietransfer stattfindet, dieser aber bei der „Ankunft“ der Energie am Ventilator endet. Auch eine zusätzliche Zustimmung zu Aussage 1 führt hier zu keiner veränderten Zuweisung.

3.5 Inhaltsvalidierung

Da die Items aus den Aussagen einer Auswahl von Schülerinnen und Schülern aus der Interviewstudie entwickelt wurden, werden diese zunächst mit Hilfe einer weiteren Interviewstudie inhaltsvalidiert. Die Inhaltsvalidierung wurde für Testheft „A“ mit fünf Personen zwischen 11 und 14 Jahren in Einzelinterviews mit der Methode des „Lauten Denkens“ durchgeführt. Hierfür sollen die Testpersonen jeweils ein Testheft bearbeiten und währenddessen ihre Gedankenprozesse verbal mitteilen. Die Transkripte dieser Interviews werden deduktiv mit Hilfe des vorhandenen Kodiermanuals einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen. Ziel der Analyse ist es, den Aussagen in den Interviews zu den bearbeiteten Items wiederum Rahmenkonzepten zuweisen zu können. Ein Item ist dann inhaltsvalid, wenn Interview und Test zum selben Ergebnis kommen. Stimmen die Ergebnisse aus Interview und Test nicht überein, so kam es bei diesem Item zu Ungenauigkeiten oder Diskrepanzen. Als Ungenauigkeit wer-

Du willst einen kleinen elektrischen Ventilator mit einer Solarzelle betreiben. Kreuze an, welche Aussagen du für richtig und welche du für falsch hältst!	Richtig	Falsch
1) Die Solarzelle fängt Energie von der Sonne auf und leitet diese an den Ventilator weiter.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2) Die Solarzelle macht aus der Sonnenenergie Strom. Die Energie wird dabei verbraucht und ist dann weg.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3) Die Energie der Sonne wird durch die Solarzelle umgewandelt in elektrische Energie, die dann zum Ventilator fließt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4) Die Bewegung wird allein durch Strom erzeugt. Das hat nichts mit Energie zu tun.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5) Die Bewegung des Ventilators wird durch elektrische Energie angetrieben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6) Der Ventilator selbst dreht sich nur und hat keine Energie.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7) Der Ventilator hat Bewegungsenergie. Diese entsteht durch Umwandlung von elektrischer Energie.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abb. 2: Beispielitem „Ventilator“

den dabei geäußerte Probleme beim Verstehen des Textes sowie Zuordnungen eines zusätzlichen Rahmenkonzepts verstanden, das von der Testperson im Interview nicht verwendet wurde, während eine Diskrepanz eine falsche Zuordnung von Rahmenkonzepten oder ein von der Testperson falsch eingeordneter Kontext bedeutet.

Kommt es im Prozess der Inhaltsvalidierung zu Ungenauigkeiten, so wird das Item zunächst überarbeitet, bei Diskrepanzen ist, abhängig von der Schwere und Häufigkeit der Diskrepanz zusätzlich zu prüfen, ob das Item verworfen und durch ein anderes ersetzt werden muss.

4. Ergebnisse der Inhaltsvalidierung

Bisher wurden zehn Items des Testhefts "A", sowie die Einleitung analysiert. Dabei wurden fünf Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 6 bis 9 (Alter 11-14 Jahre) in Einzelinterviews von 25 bis 45 Minuten Dauer interviewt, während sie das Testheft bearbeiteten. Dabei kam es bei sechs Items zu leichten Ungenauigkeiten, bei drei Items zu Diskrepanzen und bei zwei Items zu exakter Übereinstimmung.

Als Ursache der Ungenauigkeiten stellte sich in erster Linie Überlesen von Schlüsselwörtern oder Probleme mit der doppelten Verneinung heraus. So hatten zwei der Testpersonen regelmäßig Schwierigkeiten damit, eine Verneinung in einer Aussage zu erkennen, wodurch durch Zustimmung im Test versehentlich ein weiteres Rahmenkonzept zugewiesen werden konnte. Ebenso waren in der ursprünglichen Version der Items statt "Richtig" und "Falsch" auch die Auswahlmöglichkeiten "Ja" und "Nein" gegeben, wodurch das Problem der doppelten Verneinung verstärkt wurde.

Beispiel aus dem Interview mit einer Schülerin, 12 J:

- Kontext: *Lena fährt nachts auf dem Fahrrad und hat einen Dynamo eingeschaltet, um damit die Lampen ihres Fahrrads zu betreiben.*
- Aussage Nr. 3 des Items: *Der Dynamo läuft beim Fahrradfahren einfach mit. Auf Lena hat das keinen Einfluss.*
- S: *"Doch, das hat einen Einfluss auf Lena, denn [...] der Dynamo, man muss halt etwas mehr in die Pedale treten, damit das Dynamo diese Energie davon aufnimmt. Also ja." (Schülerin kreuzt Antwortmöglichkeit "Ja" an)*

Auch für Diskrepanzen ergaben sich das Überlesen oder das ungenaue Lesen von Begriffen als mögliche Ursachen. So kam es vereinzelt auch durch optische Ähnlichkeit zu anderen, alltagsnahen Begriffen zu Verständnisproblemen.

Beispiel aus dem Interview mit einem Schüler, 12 J:

- Aussage des Items: *Es werden weder Strom noch Energie verbraucht. Die Energie wird zu Hause in den Geräten lediglich in eine andere Form übertragen.*

- S: *"Die Energie wird zu Hause in den Gärten lediglich in eine andere Form übertragen. Ich glaub, das ist ganz großer Blödsinn. Ich glaube nicht, dass das irgendwas mit dem Garten zu tun hat."*

Ebenso trat an einer Stelle des Testhefts ein Reihungseffekt auf, da die kontextuelle Ähnlichkeit der beiden Items größer war als ursprünglich angenommen. So kam es in einem Interview beispielsweise bei dem Item „Ventilator“ (siehe Abb. 2) bei den Aussagen 5 und 6 zum Gedankensprung zum zuvor bearbeiteten Item (Kontext Windenergieanlage):

- S (zu Aussage 5: Die Bewegung des Ventilators wird durch elektrische Energie angetrieben): *Nein, der Ventilator wird durch Turbinen mit Wind angetrieben.*
- S (zu Aussage 6: Der Ventilator selbst dreht sich nur und hat keine Energie): *Weil, er ist ja an keinen Strom angeschlossen, deswegen hat er keine Energie.*

Ebenso kam es zu Missverständnissen und in Folge dessen zu Diskrepanzen, wenn die Rahmenbedingungen von Aussagen in Items nicht absolut scharf umrissen waren. Beispielsweise führt im zuvor erwähnten Kontext von Lenas nächtlicher Fahrt auf dem Fahrrad die Aussage „Ohne Dynamo müsste Lena insgesamt weniger Energie aufwenden“ zu zwei verschiedenen Interpretationsmöglichkeiten, so lange nicht zusätzlich erwähnt wird, dass Lena mit oder ohne Dynamo bei gleichem Tempo weiterfährt.

5. Fazit und Ausblick

Trotz der festgestellten Ungenauigkeiten und Diskrepanzen lässt sich festhalten, dass die bisher analysierten Items grundsätzlich dazu in der Lage sind, die Rahmenkonzepte von Schülerinnen und Schülern zu erfassen. Die Interviewbefragung mit der Methode des „Lauten Denkens“ und der nachfolgenden qualitativen Inhaltsanalyse der Interviews hat sich dabei als funktionales Mittel herausgestellt, der Ursache von inhaltlichen Validitätsproblemen relativ einfach auf den Grund zu gehen, um noch vor einer Pilotierung zielgerichtet Anpassungen an dem Testinstrument vorzunehmen. Die entsprechenden Items und das Gesamtdesign des Testhefts konnten so direkt verbessert werden. In einem nächsten Schritt wird nun Testheft „B“ analog validiert und angepasst, ebenso sollen die beiden Hefte im Nachgang verglichen und somit auf Äquivalenz überprüft werden. Mit diesem Testinstrument soll dann letztlich in einer Prä-Post-Studie geklärt werden, ob eine außerschulische Lerngelegenheit dazu in der Lage ist, (positive) Veränderungen in den Rahmenkonzepten der Teilnehmenden auszulösen.

6. Literatur

- [1] Duit, R. (1986): Der Energiebegriff im Physikunterricht. Habilitationsschrift. Universität Kiel.
- [2] Watts, D. (1983): A study of alternative frameworks in school science. Dissertation, University of Surrey.
- [3] Crossley, A.; Hirn, N.; Starauschek, E. (2009): Schülervorstellungen zur Energie – Eine Replikationsstudie. In: Nordmeier, V., Grötzebach, H. (Hrsg.), Didaktik der Physik - Bochum 2009, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin
- [4] Behle, J.; Wilhelm, T. (2017): Aktuelle Schülerrahmenkonzepte zur Energie. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
<http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/780/922>
- [5] Behle, J.; Wilhelm, T. (2016): Energie für die Insel – Ein Experimentierworkshop mit „Neuen Technologien“. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
<http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/678/815>
- [6] Burger, J. (2001). Schülervorstellungen zu „Energie im biologischen Kontext“ – Ermittlungen, Analysen und Schlussfolgerungen. Dissertation Universität Bielefeld.
- [7] Fischbein, E.; Stavy, R.; Ma-Naim, H. (1989): The psychological study of naive impetus conceptions. In: Science Education, 66, 4, S. 623-633.
- [8] Clough, E.E.; Driver, R. (1986): A study of consistency in the use of student's conceptual frameworks across different task contexts. In: Science Education 70, 4, S.473-796.
- [9] Boyes, E.; Stanisstreet, M. (1990): Pupil's ideas concerning energy sources. International Journal of Science Education Vol.12, Iss. 5
- [10] diSessa A. (1988): Knowledge in pieces. In: Forman, G.; Pufall, P., Constructivism in the Computer Age, Hillsdale, NJ: Erlbaum, S. 49–70
- [11] Mandl, H.; Gruber, H.; Renkl, A. (1993a). Lernen im Physikunterricht - Brückenschlag zwischen wissenschaftlicher Theorie und menschlichen Erfahrungen. In: Kuhn, W. (Hrsg.): Didaktik der Physik, Vorträge Physikertagung 1993 Esslingen (Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), Fachausschuß Didaktik der Physik), S. 21 - 36
- [12] Hartmann, S. (2004). Erklärungsvielfalt, Studien zum Physiklernen, Band 37, Logos-Verlag, Berlin
- [13] Liu, X.; McKeough, A. (2005): Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS database. In: J. Res. Sci. Teach., 42: S. 493-517